

## プログラミングによる知識活性型の算数科授業の開発

坂 井 武 司  
(教育学科准教授)

赤 井 秀 行  
(堺市立竹城台小学校教諭)

### 1. はじめに

平成29年に告示された小学校学習指導要領(文部科学省, 2017a)では, プログラミング教育として, 「児童がプログラミングを体験しながら, コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動」を各教科の特性に応じて, 計画的に実施することを位置付けている。このような論理的思考力は, プログラミング的思考力と呼ばれ, 「児童が将来どのような職業に就くとしても, 時代を超えて普遍的に求められる力」(文部科学省, 2017b)の一つと考えられている。このように, プログラミング教育では, プログラミング言語の記憶やプログラミング技能の習得をねらいとしていない。プログラミングを通して, 「教科等で学ぶ知識及び技能をより確実に身に付けさせること」(文部科学省, 2017a)が重要であり, 各教科の学習内容と関連付けることが求められる。

算数科におけるプログラミング教育の在り方に関して, 「プログラミング的思考と算数で身に付ける論理的思考とを関係付ける活動を取り入れることも有効である」(文部科学省, 2017a)と示されている。また, 小学校段階における論理的思考力や創造性, 問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議の「議論の取りまとめ」(2016)では, 「プログラミングを体験することが, 算数における学びの本質である数学的活動として適切に位置付けられるようにすること」および「プログラミングを体験することによる数学的活動が, 算数における「深い学び」の達成に寄与すること」

が述べられている。これを受けて, 算数科においてプログラミング的思考を育む学習活動を行う場合には, 「算数科の目標を踏まえ, 数学的な思考力・判断力・表現力等を身に付ける活動の中で行う」(文部科学省, 2017b)こととされている。

プログラミング教育と算数教育の関係について, 「プログラミング的思考を育む学習活動を通した算数の学習内容の本質に迫る算数教育」と「算数の学習内容を用いたプログラミング的思考を育むプログラミング教育」の2つの立場が考えられる。これまでのプログラミングに関する研究では, テキスト型プログラミング言語による LOGO を用いた研究(杉野裕子, 2013, 2014, 2015)があるが, 最近では, ビジュアル型プログラミング言語による Scratch や Sphero Edu といったソフトを用いた研究(中村好則, 2016)も増えている。しかし, 「算数の学習内容を用いたプログラミング的思考を育むプログラミング教育」の立場からの研究が殆どである。「プログラミング的思考を育む学習活動を通した算数の学習内容の本質に迫る算数教育」の立場から, 深い学びとしての知識の関連付けによる知識の活性化を目的とした研究は少ない。2020年度からの小学校におけるプログラミング教育の導入に向けた「小学校プログラミング教育の手引き」(文部科学省, 2018)が公表され, 今後, プログラミング的思考を育む学習活動を位置付けた算数科授業の開発が望まれる。

そこで, 本研究では, プログラミング体験による数学的活動を通して, プログラミング的思考だけでなく, 知識の関連付けや活用を促進す

る「知識活性型の算数科授業」を開発することを目的とする。

## 2. 知識の活性化

活性化とは、「長期記憶内の情報が、検索されやすい状態にあること」(佐伯胖, 2010)である。算数科においては、図1に示すように、概念的知識と手続き的知識という2つの知識が、一方の知識から他方の知識への結び付きの基礎となる問題の表象を通して、活性化すると考えられる(Rittle-Johnson, B., Siegler, R. S., & Alibali, N. W., 2001)。例えば、図形の授業においては、作図という問題の表象を通して、図形やその構成要素に関する概念的知識と作図の手順に関する手続き的知識が関連付けられることにより、図形に関する知識が活性化されると考えられる。また、それらの知識が活用されることにより、図形に関する知識が、さらに活性化されると考えられる。そこで、本研究では、「概念的知識と手続き的知識を関連付けたり、それらの知識を活用したりできる状態にあること」を知識の活性化と定義する。また、知識の活性化を促進する授業を「知識活性型の授業」と呼ぶ。

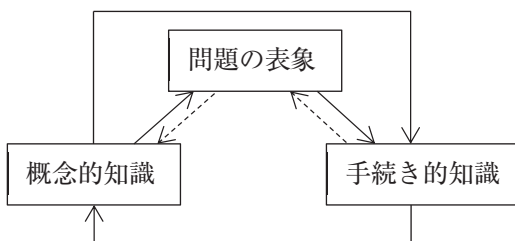


図1 概念的知識と手続き的知識の活性化

## 3. プログラミング教育とプログラミング的思考

プログラミング的思考とは、「自分が意図する一連の活動を実行するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といった

ことを論理的に考えていく力」(文部科学省, 2018)と定義されている。

プログラミング的思考を育むためのプログラミング教育は、コンピュータを使用しない「アンプラグド型」とコンピュータを使用する「プラグド型」に分けられる。算数科の筆算の学習において、筆算のアルゴリズムの理解を通して、問題の解決には必要な手順があることに気づかせる指導は、アンプラグド型に位置付けられる。また、プラグド型には、ブロックを組み合わせるように命令を組み合わせさせてプログラミングするビジュアル型プログラミング言語を用いた「ビジュアル型」と文字や記号により記述するテキスト型プログラミング言語を用いた「テキスト型」がある。さらに、プログラミングした命令をコンピュータの画面上で実行させる「スクリーン型」とプログラミングした命令をロボットに実行させる「ロボット型」に分けられる。

小学校学習指導要領(文部科学省, 2017a)では、「児童がプログラミングを体験すること」及び「児童がコンピュータを活用しながら行う学習と適切に関連させること」を求めている。また、小学校プログラミング教育の手引き(文部科学省, 2018)では、ビジュアル型のプログラミング教育が展開されることが想定されている。さらに、小学校を対象とした場合、仮想現実として、コンピュータの画面上でプログラミングを実行するよりも、現実として、プログラミングによりロボットを作動させる方が、プログラムの動きのよさを実感しやすいと考えられる。そこで、本研究では、「ビジュアル・ロボット型」のプログラミングに焦点を当てる。

## 4. Sphero Edu を用いた授業の設計

### (1) プログラミングと知識活性型授業

「ビジュアル・ロボット型」のプログラミングとして、本研究では、Sphero Eduを用いて、図2に示すSphero SPRK+というロボットを作動させるプログラミングを取り上げる。ビジュアル型プログラミング言語を用いる場合、ブロックを組み合わせさせてプログラミングをする

方法は共通しているが、Sphero Edu では、各ブロックにおいて、ロボットの動きに関する数値の設定方法が異なり、このことが知識の活性化と関係している。そこで、Sphero Edu におけるプログラミング方法を以下の図3に示す。



図2 Sphero SPRK+

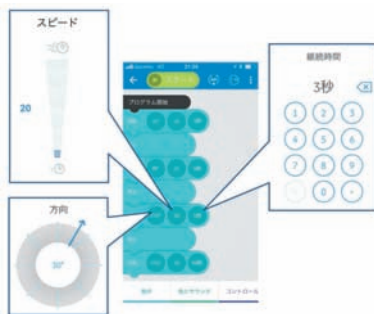


図3 Sphero Edu 入力画面

Sphero Edu の場合、最初に Sphero SPRK+ がタブレット型 PC との位置関係を認識した段階で  $0^\circ$  の方向が固定され、Sphero SPRK+ がどこに移動しても、 $0^\circ$  の方向は変わらない。そのため、実際に移動する角度とは異なる角度を入力する必要がある。そこで、図4をもとに、具体的に角度を設定するための思考過程を示す。

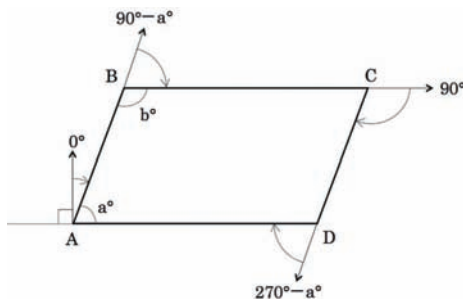


図4 Sphero Edu の作図方法

図4は、点Aをスタート地点とし、 $0^\circ$  の位置を表す基線と線分ADのなす角が $90^\circ$ である

場合に、Sphero SPRK+ が  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  の順に移動することにより、平行四辺形 ABCD を作図する場合を表している。

#### 【プログラム1：線分ABの作図】

$\angle A$  は  $a^\circ$  であるが、 $0^\circ$  の基線から時計回りに角度を考えるため、線分 AB を作図するにあたり、 $\angle A$  の余角を考え、 $90^\circ - a^\circ$  と方向を設定する。

#### 【プログラム2：線分BCの作図】

進行方向が既に  $0^\circ$  の基線から  $90^\circ - a^\circ$  回転しており、さらに  $\angle B$  の補角だけ回転する必要がある。 $\angle B$  の補角は  $\angle A$  の同位角であるため、 $(90^\circ - a^\circ) + a^\circ = 90^\circ$  より、 $90^\circ$  と設定する。あるいは、 $\angle B$  は  $b^\circ$  であるが、 $0^\circ$  の基線と線分 AD のなす角が  $90^\circ$ 、 $AD \parallel BC$  より、 $0^\circ$  の基線と線分 BC のなす角も  $90^\circ$  であるため、線分 BC を作図するにあたり、 $90^\circ$  と方向を設定する。

#### 【プログラム3：線分CDの作図】

進行方向が既に  $0^\circ$  の基線から  $90^\circ$  回転しており、さらに  $\angle C$  の補角だけ回転する必要がある。 $\angle C$  は  $\angle A$  と等しいため、 $90^\circ + (180^\circ - a^\circ)$  より、 $270^\circ - a^\circ$  と設定する。あるいは、 $\angle C$  は  $a^\circ$  であり、 $0^\circ$  の基線と線分 BC のなす角は  $90^\circ$  であるため、線分 CD を作図するにあたり、 $-(90^\circ + a^\circ)$  だけ回転する必要がある、 $360^\circ - (90^\circ + a^\circ)$  より、 $270^\circ - a^\circ$  と方向を設定する。

#### 【プログラム4：線分DAの作図】

進行方向が既に  $0^\circ$  の基線から  $270^\circ - a^\circ$  回転しており、さらに  $\angle D$  の補角だけ回転する必要がある。 $\angle D$  の補角は  $\angle C$  の同位角であり、 $\angle C$  は  $\angle A$  と等しいので、 $(270^\circ - a^\circ) + a^\circ = 270^\circ$  より、 $270^\circ$  と設定する。あるいは、 $\angle D$  は  $b^\circ$  であるが、 $0^\circ$  の基線と線分 AD のなす角が  $90^\circ$  であるため、線分 DA を作図するにあたり、 $360^\circ - 90^\circ = 270^\circ$  より、 $270^\circ$  と方向を設定する。

通常の平行四辺形の作図では、平行四辺形の定義や性質に基づき、与えられた辺の長さや角の大きさを用いて作図する。しかし、Sphero Edu を用いた作図においては、通常の作図では必要としない余角や補角の知識、 $0^\circ$  の基線と進行方向のなす角への着目とその大きさの考慮という見方・考え方を用いて考える必要性が

生じるため、知識の活性化につながると考えられる。

## (2) Sphero Edu を用いた授業設計のポイント

本研究では、第4学年で学習する平行四辺形とひし形の作図に関して、プログラミングによる数学的活動を通して知識活性化を促進する算数科の授業を設計・実施する。ここでは、図4の $\angle A = 70^\circ$ の場合の平行四辺形を取り上げる。授業の設計にあたり、大学教員2名と現職の小学校教員2名による協議を行い、以下の7点を考慮することとした。

- ① 通常の作図とプログラミングによる作図との違いだけでなく、深い学びとしての知識の関連付けによる知識活性化が促進されたことを実感できるように、授業の導入において、三角定規、分度器、コンパス等を用いた平行四辺形の作図が、どのような定義や性質に基づいているのかを確認する。
- ② プログラミング初心者であることに配慮し、ビジュアル型プログラミング言語を用いた作図のプログラミング手順を理解できるように、図5に示すプログラミングによる正方形の作図を行う。

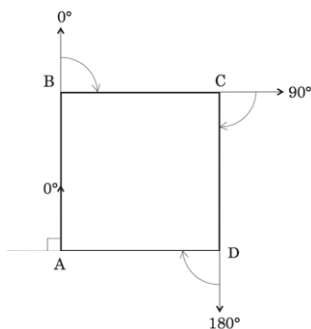


図5 Sphero Edu による正方形の作図

正方形の場合、全ての角が直角であるため、線分 AB の作図においては、 $0^\circ$  の基線に一致しているため  $0^\circ$ 、線分 BC の作図においては、進行方向が  $0^\circ$  の基線と一致しており、さらに  $90^\circ$  回転するため  $90^\circ$ 、線分 CD の作図においては、さらに  $90^\circ$  回転するため  $180^\circ$ 、線分 DA の作図においては、もう  $90^\circ$  回転す

るため  $270^\circ$  というように、進行方向に対してさらにどれだけ回転するかによって方向を設定することの意味が捉えやすいと考えられる。

- ③ 平行四辺形の作図では、図4の頂点 A における  $0^\circ$  の基線のみをワークシートに示し、線分 AB を作図するために、 $70^\circ$  ではなく、 $0^\circ$  の基線と線分 AB のなす角の  $20^\circ$  と方向を設定することを考えさせる。知識活性化を促すためにも、見た目に依存した判断ではなく、図に示された角度、平行四辺形の定義や性質、余角や補角に関する知識と関連付けた理由を取り上げ、クラス全体で共有する。線分 BC、CD、線分 DA の作図については、設定する角度を伝えず、プログラミングと実行・修正の過程を通して知識活性化を促す。
- ④ Sphero Edu でのプログラミングでは、Sphero SPRK+ が移動する距離を、スピード（速さ）と継続時間を用いて設定する。しかし、第4学年の児童は「速さ」について未習であるため、平行四辺形の線分 AB の作図において、スピードを30、継続時間を3秒、線分 BC の作図において、スピードを30、継続時間を5秒と設定することを伝える。
- ⑤ Sphero SPRK+ と iPad が各グループに1台ずつであるため、協働的な学び合いと知識活性化を促進する活動となるように、進行方向を示す矢印の付いた Sphero SPRK+ の図とラミネートされた平行四辺形の図を用意する。これらの図があることにより、平行四辺形の図の上で Sphero SPRK+ の図を移動・回転させたり角度を書き込んだりしながら考えを共有することができる。また、「具体」としての Sphero SPRK+ の現実の動き・「図的表現（半具体）」としての Sphero SPRK+ の図の動き・「抽象」としての Sphero SPRK+ の動きに関する数値を相互に関連付けた深い学びにつながると考えられる。Sphero SPRK+ の図と平行四辺形の図の使用例を図6に示す。
- ⑥ 深い学びとして、どのような知識の関連付けによる知識活性化が促進された振り返ることができるように、図7と図8のようなワー



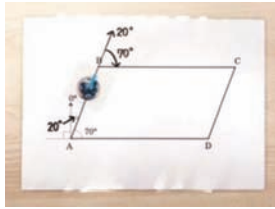


図6 SPRK+ の図と平行四辺形の図の使用例

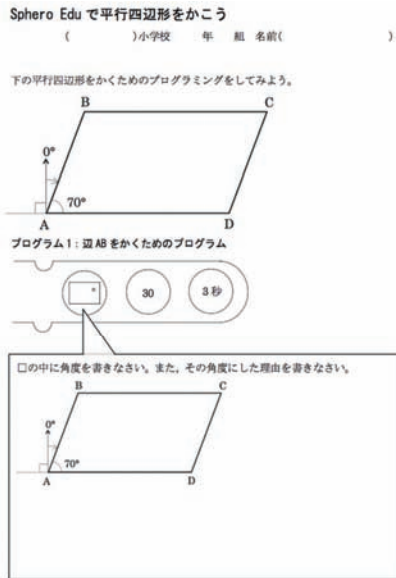


図7 ワークシート①

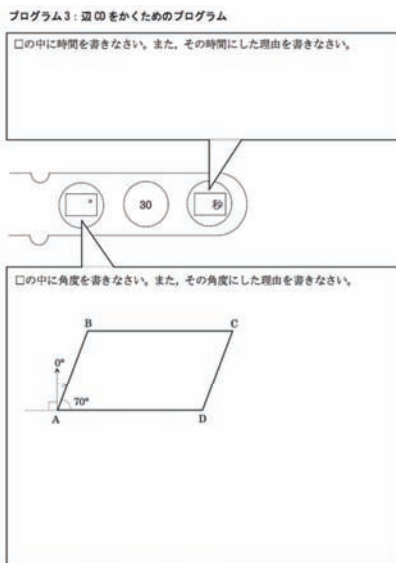


図8 ワークシート②

クシートに、設定した方向、スピード、継続時間の数値と設定の理由を記述させる。

- ⑦ プログラミングによる平行四辺形の作図を通して身につけたプログラミング的思考と知識活性化の方法知を汎用的なものとするために、評価問題として、図9に示す $\angle A = 50^\circ$ の場合のひし形のプログラミングを行うようにする。ひし形は平行四辺形の特殊な場合であるため、平行四辺形と同じ方法で作図できる。しかし、図9のひし形の場合、図4の平行四辺形と異なり、 $0^\circ$ の位置を表す基線と線分ADのなす角が $90^\circ$ でないため、 $\angle A$ の余角を考え、 $40^\circ$ と方向を設定することはできない。対角線に着目し、ひし形の性質に基づいて、 $\angle A$ の半分の角の大きさの余角を考え、 $65^\circ$ と方向を設定する必要がある。このように、ひし形の場合は、平行四辺形の場合とは異なる知識の活性化が促進されることがえられる。

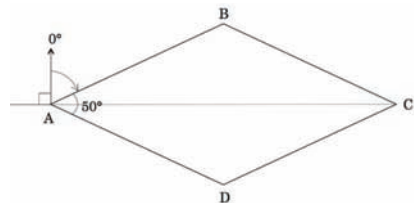


図9 評価問題

### (3) Sphero Edu を用いた授業展開

プログラミング初心者であることに配慮し、2時間設定(45分×2コマ)で授業を実施する。授業の概要として、Sphero Eduを用いた授業設計のポイントに基づいた授業展開を表1に示す。第1時は展開1と展開2、第2時は展開3～展開5を取り扱う。

## 5. 予備調査

### (1) 予備調査の内容

授業実践に先立ち、プログラミング体験による数学的活動を通して、知識の関連付けや活用を促進することにつながるのかを確認するために、京都女子大学の教職課程科目「算数科教育

表1 知識活性型の算数科授業の概要

<b>展開1：既習の作図方法の確認</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・平行四辺形の定義や性質を確認する。</li> <li>・三角定規、分度器、コンパス等を用いて平行四辺形を作図する。</li> </ul>
<b>展開2：Sphero Eduを用いた正方形の作図</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・Sphero Eduを用いたプログラミング方法を知る。</li> <li>・各グループで、正方形を作図するプログラミング・実行・修正を行う。</li> <li>・クラス全体で、通常作図とSphero Eduを用いた作図の違いについて共有する。</li> </ul>
<b>展開3：Sphero Eduを用いた平行四辺形の作図</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・各グループで、平行四辺形を作図するプログラミング・実行・修正を行う。</li> <li>・プログラミングにおける数値設定の理由について考える。</li> </ul>
<b>展開4：作図方法についての学びあい</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・クラス全体で、Sphero Eduを用いた平行四辺形作図方法について共有する。</li> </ul>
<b>展開5：評価問題と振り返り</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・評価問題として、個人で、ひし形を作図するプログラミングを考える。</li> <li>・アンケートへの回答と振り返りカードの記入を行う。</li> </ul>

方法論」の授業を履修している学部2回生106人及び教員免許状更新講習に参加した現職教員39人を対象に、演習として、Sphero Eduを用いてSphero SPRK+に正方形と平行四辺形を作図させるプログラミング体験を実施した。4～5人を1グループとして、各グループにSphero SPRK+とSphero EduをインストールしたiPadを各1台配布し、グループで協働的に解決する課題とした。図10・図11に、プログラミング体験の様子を示す。

プログラミング体験後、以下の7段階評価によるアンケートと振り返りカードを実施した。

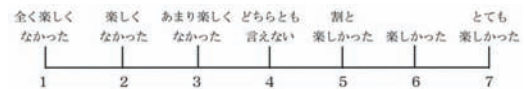


図10 プログラミング体験（大学生）

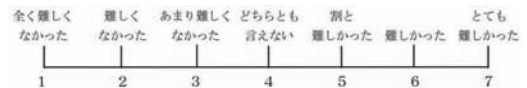


図11 プログラミング体験（現職教員）

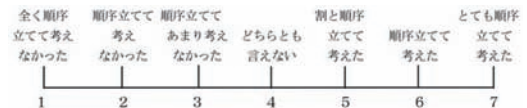
項目1：プログラミングは、楽しかったですか。



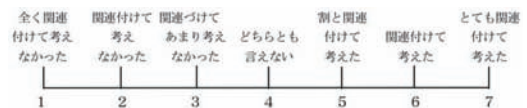
項目2：プログラミングは、難しかったですか。



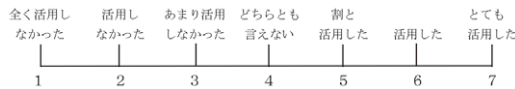
項目3：プログラミングでは、順序立てて考えましたか。



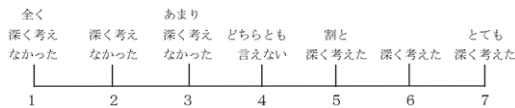
項目4：プログラミングでは、色々な知識を関係付けて考えましたか。



項目5：プログラミングでは、色々な知識を活用しましたか。



項目6：プログラミングでは、話し合いを通して深く考えましたか。



## (2) 予備調査の結果

7段階評価によるアンケートの各項目の平均評定値 (M) と標準偏差 (SD) を表2に示す。

表2 平均評定値と標準偏差

項目	1	2	3	4	5	6
M	5.6	4.8	5.3	4.8	4.8	5.4
SD	1.1	1.2	1.0	1.4	1.1	1.2

表2より、項目1において、学生や現職教員（以下、参加者と表す）は、プログラミングは割と楽しいと感じているが、一方で、項目2においてプログラミングに対する難しさも感じていることが分かる。殆どの参加者はプログラミングが未経験であったが、体験を通して、Sphero SPRK+の動きに関する数値の設定方法に気付き、プログラミングに活用する活動であったため、難しさを感じる結果となったと考えられる。しかし、具体的にSphero SPRK+を動かし、プログラムの実行・修正をする過程が、考えたり発見したりする楽しさを感じることに繋がったと考えられる。小学生にプログラミングを実施する場合も、適度な難しさを感じながら、プログラムの実行・修正を通して考える過程を大切にすると考えられる。

また、項目3において、参加者は、割と順序立てて考えており、今回のプログラミングは、プログラミング的思考を身に付けることにつながると考えられる。項目4と項目5において、参加者は、少しは色々な知識を関係付けたり活用したりしていることが分かる。したがって、

今回のプログラミングは、プログラミング的思考だけでなく、知識の関連付けや活用を促進する知識の活性化にもつながると考えられる。

さらに、項目6において、参加者は、割と話し合いを通して深く考えていることが分かる。協働的な学びを通して、知識の関連付けや活用を促進する知識の活性化が起こり、深い学びにつながると考えられる。

以下の図12～図17に、アンケートの各項目の内容に関連する振り返りカードの記述例を示す。

昔はぼんやりと考える角度を求めたり、
より具体的な質問を目標として進めたりして
面白かったです。
また、自分の意見を出し合ったり、チームで進めたり
するのを楽しみました。

図12 項目1に関する振り返りの記述例

プログラミングは、頭で理解していたよりとても複雑で
とても難しいと感じた。その中で、問題と角度を分けて、実際に
動かしてみることが、公式の通りに動かすことよりも、実際に
動かしてみることが、とても楽しかった。

図13 項目2に関する振り返りの記述例

プログラミングを取り入れた授業については、演習では、
どんな意味があるのかということも分かっていて、実際に
動かしてみたら、「どうやって、こんなことか」とか色々考えた。
これが、自分の意図通りに動かすためにどのように動くのかという
論理的思考が身に付いた。

図14 項目3に関する振り返りの記述例

実際にプログラミングをやってみると、正方形と平行四
辺形を区別するために、ジンの速さ、方向と考えるが、
角度をどうあるか、プログラミングをする中で、レガリ
学習できるなと思いました。

図15 項目4に関する振り返りの記述例

実際にプログラミングをやってみると、楽しい。
色々な知識を引き出しながら進めるのが、頭の
活性化になるなと思いました。

図16 項目5に関する振り返りの記述例

皆で考えて合流して向かい合っているのを解いてみた。
しかし、700プログラム（7を10進法と書く）がうまく回らなかった。
しうので皆で考えて合流して向かい合っているのかという「問題」と
それには700プログラムで「改善案」を自分たちで考えることに
学ばないとダメだと決めた。

図17 項目6に関する振り返りの記述例

振り返りの記述からも、プログラミング体験による数学的活動は、プログラミングの思考につながることはもちろん、知識の関連付けや活用を促進することにもつながると考えられる。また、プログラミングの過程における見直し・振り返り・改善を通して、協働的により良いものを生み出すという主体的・対話的で深い学びにもつながると考えられる。

7段階評価によるアンケート結果と振り返りの記述の分析から、Sphero Eduを用いたSphero SPRK+による作図のプログラミングは、プログラミング的思考だけでなく、知識の関連付けや活用を促進する「知識活性型の算数科授業」の教材として適切であると判断した。

## 6. 知識活性型の算数科授業の開発

### (1) 授業の実際

第4学年が「垂直・平行と四角形」の単元が未習の時期であったため、公立小学校の第5学年2クラスの児童52人を対象として、表1の授業展開にしたがい、45分×2コマのSphero Eduを用いた授業を実施した（学習指導案は、[https://drive.google.com/file/d/1ylFGN\\_MeCfvmtZ5Nc-e4aLjUM1bB0b6s/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1ylFGN_MeCfvmtZ5Nc-e4aLjUM1bB0b6s/view?usp=sharing)を参照）。授業の実際として、各授業場面の様子及び児童のワークシートの典型的な記述を図18～図25に示す。

正方形の作図の場面では、子供たちは正方形の1つの内角の大きさが $90^\circ$ であることをもとに、 $90^\circ$ と方向を設定することにより、辺BCの作図はできた。しかし、辺CDの作図では、 $90^\circ$ と方向を設定しても、辺BCの延長線を進むだけで作図できない。ここで、子供たちは、辺BCの作図として設定した $90^\circ$ は、内角では

なく外角の大きさを意味していることに気づき、Sphero Eduを用いたプログラミングでは「進んでいる方向の角度+回りたい角度」を入力することが共有された。

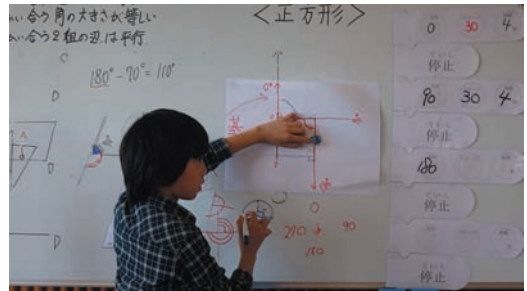


図18 正方形のプログラミング（展開2）

平行四辺形の作図の場面では、子供たちは「平行四辺形の向かい合う辺の長さは等しい」という性質に基づいて時間を設定していた。また、「向かい合う2組の辺が平行である四角形を平行四辺形と言う」という定義や「平行四辺形の向かい合う角の大きさは等しい」「平行四辺形のとなり合う角の和は $180^\circ$ 」という性質に基づき、「進んでいる方向の角度+回りたい角度」の「回りたい角度」を求めていた。辺BCの作図では、「進んでいる方向の角度」を常に $0^\circ$ と考え、「回りたい角度」をそのまま用いて方向を設定するグループも見られたが、「プログラミング→プログラム実行→プログラム修正→プログラム再実行」により、「進んでいる方向の角度」が $20^\circ$ であることに気づき、その後の辺CDと辺DAの作図にも対応していた。

作図方法についての学び合いの場面では、「進んでいる方向の角度+回りたい角度」とい

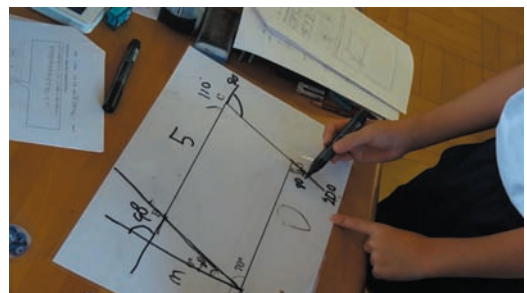


図19 平行四辺形のプログラミング（展開3）



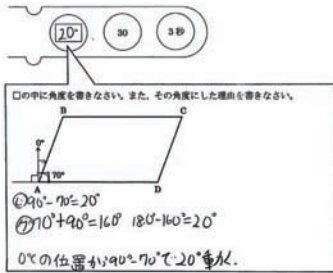


図20 平行四辺形の辺 AB のプログラム

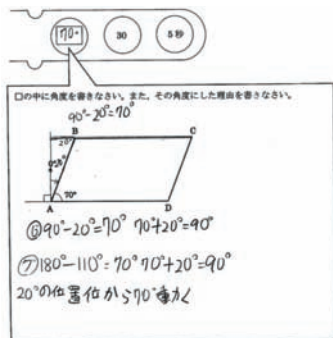


図21 平行四辺形の辺 BC のプログラム

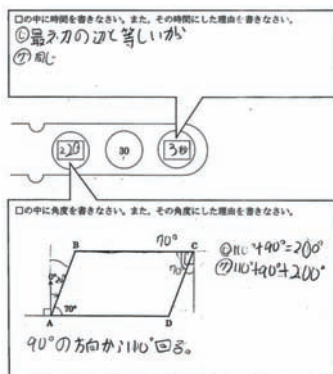


図22 平行四辺形の辺 CD のプログラム

う考え方以外に、図25のような基線の0°を利用した考え方も共有された。また、本時のまとめとして、子供たちの振り返りをもとに、「図形の性質の利用」「角度の足し算と引き算」「図に補助線をかくこと」「基準の0°の線」が大切であることが確認された。

## (2) 知識活型型の算数科授業の分析と考察

図20～図23に示したワークシートの典型的な

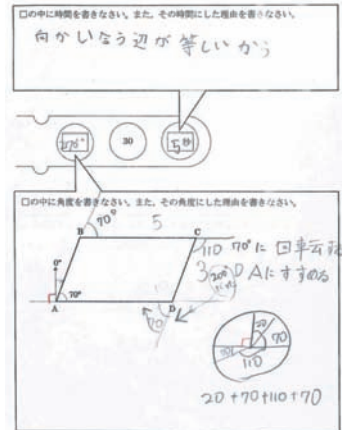


図23 平行四辺形の辺 DA のプログラム



図24 知識活性化のための学び合い（展開4）

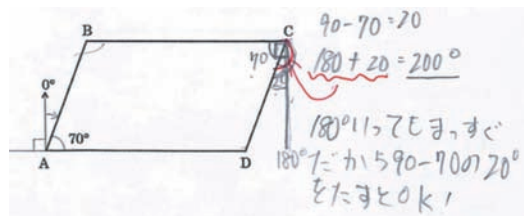


図25 方向設定のための別解

記述と同様の記述をした児童は、全体の88.8%であった。このことから、多くの児童は、Sphero Eduを用いたプログラミングにおける方向や時間の数値の設定という手続き的知識と、平行四辺形の定義や性質という概念的知識を関連付けることができていると考えられる。特に、Sphero Eduを用いたプログラミングにより、平行四辺形の外角を求める必要性から、通常の作図ではあまり用いることのない「平行四辺形の向かい合う角の大きさは等しい」「平行四

形のとなり合う角の和は $180^\circ$ 」という性質がクローズアップされたことは意味がある。

次に、ひし形を作図するためのプログラミングを考える評価問題に関して、辺 AB・辺 BC・辺 CD・辺 DA の4 辺を作図するプログラムを P1・P2・P3・P4 とし、各プログラムの通過率を表 3 に示す。また、予備調査でも用いた 7 段階評価によるアンケートの結果を表 4 に示す。

表 3 評価問題の通過率

program	P1	P2	P3	P4
通過率	100	92.3	84.6	76.9

表 4 平均評定値と標準偏差 (小学生)

項目	1	2	3	4	5	6
M	6.1	5.1	5.2	5.2	5.1	5.5
SD	1.1	1.6	1.0	1.0	1.0	1.0

表 3 より、ひし形を作図する全てのプログラムを正答した児童は、全体の  $3/4$  程度であり、平行四辺形の作図におけるワークシートの典型的な記述と同様の記述をした児童の割合よりも低い。この原因として、平行四辺形の作図におけるグループ解決により、概念的知識と手続き的知識の関連付けはできたが、ひし形の作図における個人解決に活用できるまでの深い理解に至らなかった児童がいることが考えられる。また、ひし形と平行四辺形の包摂関係を理解していないために、ひし形に関する概念的知識を上手く関連付けることができなかった児童がいることが考えられる。しかし、 $3/4$  以上の通過率であることは、比較的多くの児童は、Sphero Edu を用いたプログラミングにより、概念的知識と手続き的知識を活用できる状態に到達していると考えられる。

また、表 4 より、項目 3 において、児童は、割と順序立てて考えており、項目 4 と項目 5 においても、割と色々な知識を関係付けて考えたり活用したりしていることが分かる。今回のプログラミングは、プログラミング的思考だけで

なく、知識の関連付けや活用を促進する知識の活性化にもつながると考えられる。

以上のことから、Sphero Edu を用いたプログラミング体験による数学的活動を通して、プログラミング的思考だけでなく、知識の関連付けや活用を促進する「知識活性型の算数科授業」を開発することができた。

## 7. おわりに

本研究では、公立小学校の第 5 学年の児童を対象に、Sphero Edu を用いた知識活性型の算数科授業を実施した。その結果、Sphero Edu を用いたプログラミングは、プログラミング的思考だけでなく、知識の関連付けや活用を促進する知識の活性化につながることが明らかになった。したがって、プログラミング体験による数学的活動を通した「知識活性型の算数科授業」を開発した。

Sphero SPRK+ は光りながら動くという特性を持っているため、ロングシャッターのアプリを用いることにより、2 台の Sphero SPRK+ を用いた対称な図形の作図にも活用できる。

今後の課題として、Sphero SPRK+ を用いたさらなる教材開発と新たなプログラミング用ロボットを用いた授業開発が考えられる。

## 付記

本研究は、京都女子大学平成 30 年度「学長採択型課題解決プロジェクト」の助成を受けています。

## 参考・引用文献

- 文部科学省,『小学校学習指導要領』,2017a.
- 文部科学省,『小学校学習指導要領解説 算数編』,2017b.
- 文部科学省,『小学校プログラミング教育の手引き』,2018.
- 中村好則,「算数科におけるプログラミング的思考と数学的な見方・考え方の育成に関する考察—Sphero SPRK Edition を活用した「速さ」の指導事例を通して—」,『日本科学教育学会研究会研究報告』,日本科学教育学会,Vol. 31, No. 3, pp.9–12, 2016.
- Rittle-Johnson, B., Siegler, R. S., & Alibali, N. W.

- “Developing Conceptual Understanding and Procedural Skill in Mathematics: An Iterative Process,” *Journal of Educational Psychology*, Vol. 93, No. 2, pp. 346–362, 2001.
- 佐伯胖, 『「学び」の認知科学辞典』 p. 339, 2010.
- 小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議, 「小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について（議論の取りまとめ）」, 2016, [www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm).
- 杉野裕子, 「算数学習におけるコンピュータプログラミング活用—長方形概念形成のための LOGO 教材開発—」, 『日本科学教育学会研究会研究報告』, 日本科学教育学会, Vol. 27, No. 5, pp. 43–48, 2013.
- 杉野裕子, 「プログラミング活用環境下の授業における活動が、図形概念の認識過程に与える影響—LOGO コンテンツ開発と授業実践を通して—」, 『数学教育学論究』, 日本数学教育学会, 第96巻, 臨時増刊, pp. 89–96, 2014.
- 杉野裕子, 「算数科におけるプログラミング活用授業のためのコンテンツ開発と改良」, 『日本科学教育学会年会論文集』, 日本科学教育学会, Vol. 29, No. 9, pp. 87–92, 2015.

